

УДК 621.3:50

Богдан Дурняк, д.т.н., проф., Микола Луцків, д.т.н., проф.
Українська академія друкарства, Україна

УПРАВЛІННЯ З ВИПЕРЕДЖЕННЯМ У СИСТЕМАХ З НЕЧІТКИМ КОНТРОЛЕМ

Запропоновано новий підхід до побудови нечітких систем керування з контуром випередження, який контролює зміну завдання і додатково формує сигнал випередження для управління, внаслідок чого система більш оперативно реагує на зміни завдання. Розроблено структурну схему моделі системи з випередженням для нечіткого контролера. Подані результати імітаційного моделювання. Встановлено, що нечіткий П-регулятор забезпечує високу якість регулювання при зміні параметрів об'єкта в широких межах.

Ключові слова: об'єкт, регулювання, контролер, нечіткий, випередження, управління, моделювання, параметри, варіація, якість.

Bogdan Durnyak, Mukola Lutskiv MANAGEMENT WITH AWARENESS IN SYSTEMS WITH NON- GOVERNMENTAL CONTROLS

A new approach to the construction of fuzzy control systems is proposed. A structural diagram of a system with a predecessor for a fuzzy controller is developed. The presented results of simulation modeling.

Keywords: object, regulation, controller, fuzzy, management, simulation.

Основним недоліком систем керування з традиційним контролером є чутливість до зміни параметрів об'єкта. Управління такими об'єктами на основі принципів і методів адаптивного керування є складне і дороге, що обмежує їх застосування до простих об'єктів. Тому задача побудови і аналізу нечіткої системи керування з випередженням управління яка має робастні властивості є актуальною. Прості пропорційні контролери формують регулюючу дію (управління) на об'єкт тільки на сонові похибки:

$$V(t) = kpe(t), \quad (1)$$

де $e(t) = Y_o(t) - Y(t)$ – похибка регулювання, $Y_o(t)$ – завдання, $Y(t)$ – вихід системи (регульована величина).

Для нульової похибки регулювання необхідна нульове значення сигналу $e(t)=0$. Однак при нульовому значенні похибки контролер повинен формувати стале значення управління. Отже, відомим основним недоліком П-контролерів є низька статична точність, що обмежує їх застосування. Для збільшення точності вводять І-складову управління, однак вона «відстає» від зміни похибки, що зменшує швидкодію системи і викликає слабо затухаючі коливання, що є суттєвим недоліком систем із ПІ-контролером. Для покращення динамічних властивостей системи вводять диференційну складову закону управління, що ускладнює систему і має певні обмеження.

Запропоновано новий підхід до побудови П-контролера з контуром який формує сигнал випередження у якому регулююча дія на об'єкт:

$$V(t) = kpe(t) + U_0, \quad (2)$$

де $U_0 = K_c Y_0(t)$ – сигнал випередження, K_c – шуканий коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта передачі об'єкта.

На основі викладеного визначено статичну похибку регулювання:

$$e = \frac{1 + K_0 K_c}{1 + K_p K_0}. \quad (3)$$

Якщо шуканий коефіцієнт $K_c = 1/K_0$, то статична похибка (3) у побудованій таким чином системі дорівнює нулю. Отже, теоретично можна одержати нульову статичну похибку в системі без введення в алгоритм управління І-складової, що є перевагою.

Побудовано систему керування з контуром випередження з нечітким контролером, який формує управління на базі нечіткої логіки. В загальному плані синтез нечіткого контролера полягає у виборі функцій належності терм-множин лінгвістичних змінних, алгоритму виводу і оптимізації основних параметрів контролера. Розглянуто побудову нечіткого П-контролера з випередженням для інерційного об'єкта другого порядку. Прийнято, що число терм-множин за допомогою яких оцінюється лінгвістична змінна – похибка регулювання рівна двом. Нечітка версія П-контролера основана на знаннях стану процесу керування із застосуванням лінгвістичних змінних. Якщо похибка від'ємна/додатна, то управління описується нечіткою базою правил:

$$\begin{aligned} R1: \text{ЯКЩО } (E=N) \text{ TD}(U_n=A) \\ R2: \text{ЯКЩО } (E=P) \text{ TD}(U_n=B) \end{aligned} \quad (4)$$

де E – нормалізований вихідний сигнал похибки регулювання, U_n – нормалізоване управління, нечіткі лінгвістичні множини, які якісно оцінюють похибку регулювання (N – похибка від'ємна, P – додатна), A і B – множини, що описуються функціями належності які задамо типу L – ліва, R – права зовнішніми функціями належності із шириною вікон рівною одиниці. Дефузифікація розмитого сигналу здійснюється методом Мамдані шляхом обтинання функцій належності до рівня, який задає вхідний сигнал E за допомогою блоків Saturation Dynamic. Модифіковані таким чином функції належності подаються на вхід оператора MAX на виході якого формується нормалізоване управління U_n .

На основі викладеного, бази правил (4), вибраних функцій належності побудована структурна схема моделі нечіткого П-контролера з випередженням. Сформоване згідно нечіткого алгоритму (4) нормалізоване управління U_n знаходиться в діапазоні $[-1, 1]$, тому для створення фізичної регулюючої дії на об'єкт необхідно здійснити денормалізацію (масштабування) і врахувати сигнал випередження:

$$V = M U_n + \frac{1}{K_0} Y_0. \quad (5)$$

де M – масштабуючий коефіцієнт який є основним параметром налагодження нечіткого контролера

На основі бази правил (4), вибраних функцій належності, операцій фузифікації і дефузифікації та управління (5) побудована структурна схема моделі системи з нечітким П-контролером в пакеті Matlab:Simulink. Нечіткий регулятор складається з двох основних блоків: нормалізованого алгоритму управління, блоку фузифікації і дефузифікації замаскованих у блоці Subsystem і моделі об'єкта регулювання подана блоками Transfer function. Для прикладу задали параметри об'єкта $K_0=10$, $T_1=5$ с, $T_2=3$ с. Прийняли значення регульованої величини $Y_0=100$. Налагодили контролер на перерегулювання 20 і 5%. Результати імітаційного моделювання подано на рис. 1

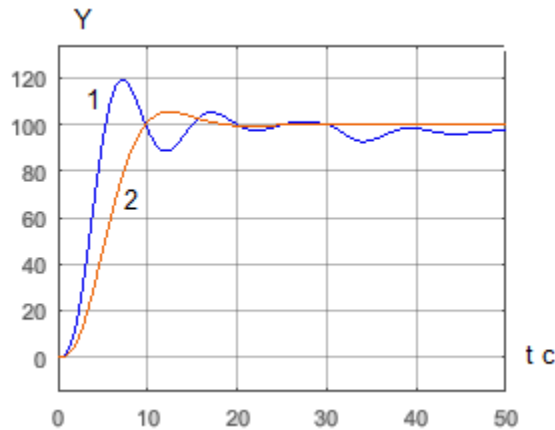


Рис. 1. Перехідні характеристики системи: 1 – для 20% перерегулювання, 2 – для 5% перерегулювання

Система з нечітким П-контролером забезпечує перерегулювання і досить малу статичну похибку 0,0065%, час наростання і перерегулювання. При дії великого збурення $Z_0=30$ на об'єкт перерегулювання становить 8%, статистична похибка 4,8%. Досліджували роботу нечіткого контролера для нестационарних об'єктів регулювання. Збільшили коефіцієнт передачі об'єкта у чотири рази. Перерегулювання збільшилось від 20 до 25%, статистична похибка є досить мала. Досліджували вплив сталих часу об'єкта при п'ятикратному збільшенні та зменшенні. Результати імітаційного моделювання при варіаціях сталих часу подані на рис.2.

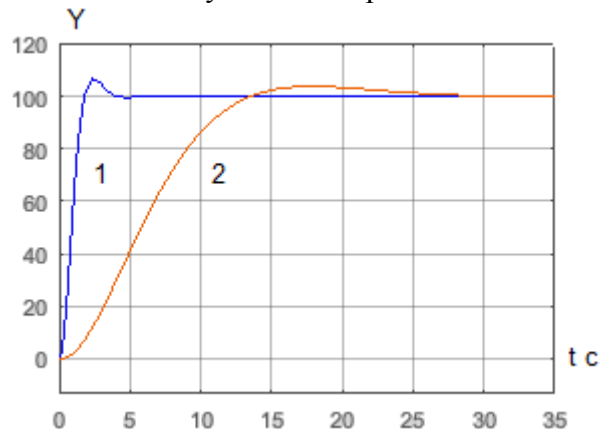


Рис. 2. Перехідні характеристики системи для різних сталих часу об'єкта

Встановлено, що зміна сталих часу мало впливає на якість регулювання. Перерегулювання становить 6,5% і 4%. Натомість час регулювання змінюється в широких межах від 4 до 40 с., що є закономірним фізичним явищем обумовленим зміною інерційних властивостей об'єкта.

На основі результатів імітаційного моделювання і побудованих перехідних характеристик система при зміні параметрів регулювання в широких межах робимо висновок, що запропонований нечіткий П-контролер з випередженням забезпечує стабільну роботу системи і якість регулювання, має робастні властивості, є простішим ніж традиційні адаптивні системи. Якщо якість регулювання системи з нечітким П-контролером з випередженням з двома функціями належності задовольняє замовника то можна рекомендувати застосування розробленого нечіткого контролера як найбільш простого.